

## Utilização de plasma frio no aumento da molhabilidade de produtos à base de madeira

Pedro Henrique Gonzalez de Cademartori<sup>1</sup>  
Luiz Roberto de Souza Junior<sup>2</sup>  
Graciela Ines Bolzon de Muniz<sup>3</sup>  
Washington Luiz Esteves Magalhães<sup>4</sup>

Em setores industriais que utilizam a madeira como matéria-prima para fins mais nobres, seja para ambientes externos ou para decoração de ambientes internos, exigem-se tratamentos especiais, visto que este material apresenta características intrínsecas que limitam ou, até mesmo, inviabilizam a sua utilização.

Nas últimas décadas, novas técnicas vêm sendo apresentadas ao mercado florestal e madeireiro, de maneira a viabilizar alternativas aos métodos tradicionais. Entre estas técnicas, destacam-se as direcionadas à impregnação, injeção ou deposição de substâncias líquidas ou gasosas, de origem natural ou sintética sem riscos ao meio ambiente, tais como tratamentos enzimáticos e com plasma.

O tratamento por plasma caracteriza-se pela modificação da superfície dos materiais por meio de

descargas eletromagnéticas, com influência direta em propriedades como adesão e molhabilidade (PODGORSKI et al., 2000). Em geral, a modificação da superfície por plasma é uma alternativa viável quando as propriedades estruturais do material (resistência mecânica, por exemplo) são apropriadas, visto que a ação do plasma dá-se exclusivamente nas camadas mais externas, normalmente em escala nanométrica ou menor.

Entre as aplicações do tratamento de superfícies por plasma no setor florestal e madeireiro destacam-se o incremento da hidrofobicidade de madeira sólida (MAGALHÃES; SOUZA, 2002) e de particulados (HAN et al., 2011), e o aumento da adesão e molhabilidade superficial de madeira e produtos à base de madeira, tais como madeira sólida (ACDA et al., 2012; NOVÁK et al., 2015) e painéis de fibras de média densidade (MDF) (CADEMARTORI et al.,

<sup>1</sup> Engenheiro Industrial Madeireiro, mestre em Ciências e Engenharia de Materiais, doutorando em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

<sup>2</sup> Engenheiro Químico, mestre em Engenharia e Ciências dos Materiais da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

<sup>3</sup> Engenheira Florestal, doutora em Engenharia Florestal, professora titular da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

<sup>4</sup> Engenheiro Químico, doutor em Ciências e Engenharia de Materiais, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR, Brasil.

2015). Especificamente, o aumento da molhabilidade e adesão superficial pode ser uma ferramenta importante quando os materiais necessitam de acabamento final, tais como revestimento com tintas e vernizes. Com a superfície modificada e ativada pelo tratamento por plasma frio, a penetração e a adesão de revestimentos na superfície dos materiais tende a ser mais eficiente.

Este trabalho visa apresentar o tratamento por plasma frio para o aumento da molhabilidade superficial de madeira e de produtos à base de madeira.

## Tratamento por plasma frio

O tratamento por plasma frio pode ser realizado em pressão atmosférica ou baixa pressão (presença de vácuo). Esta característica é definida em função do reator disponível. Destaca-se o uso de vácuo no sistema, em virtude da baixa quantidade de gás necessária para o tratamento do material. Em contrapartida, tratamentos em pressão atmosférica facilitam a construção de reatores destinados a linhas industriais.

No presente trabalho, os tratamentos por plasma frio foram realizados em amostras de painéis MDF produzidos com fibras de *Pinus* spp. e em amostras de pisos de madeira sólida. Utilizou-se um reator à baixa pressão, desenvolvido na Embrapa Florestas (Figura 1). Este reator opera em um sistema de radiofrequência (13.5 MHz) e potência máxima de 300 W. A baixa pressão é alcançada com o auxílio de uma bomba de vácuo de duplo estágio. A pressão no interior do reator é determinada por um vacuômetro. Os gases utilizados para aumentar a adesão superficial dos produtos à base de madeira devem apresentar características químicas para tal finalidade. Concentram-se em gases inertes, tais como ar, argônio, hélio, oxigênio e nitrogênio. Especificamente neste estudo, utilizaram-se os gases hélio e argônio.

## Incremento da molhabilidade

O aumento da molhabilidade e, conseqüentemente, da adesão superficial do material a produtos de revestimento (tintas e vernizes, por exemplo) pode ser caracterizada por diferentes técnicas, tanto de aspecto físico como químico. Porém, a técnica de ângulo de contato e a área de espalhamento superficial são métodos simples e de fácil interpretação, os quais remetem aos efeitos iniciais causados pelo tratamento por plasma frio na superfície do material. Para tanto, utilizou-se um goniômetro para a mensuração do ângulo de contato aparente (CA), enquanto que a área de espalhamento superficial (SCA) foi determinada por meio de imagens de alta resolução capturadas em um estereomicroscópio (CADEMARTORI et al., 2015).

Os resultados baseiam-se na visualização de dois efeitos principais na superfície dos produtos à base de madeira, os quais se denominam absorção e espalhamento de líquidos com diferentes polaridades, tais como água, diodometano e glicerol, sendo o primeiro o mais comum nas caracterizações de material lignocelulósico. Neste estudo, utilizou-se a água deionizada como solvente.



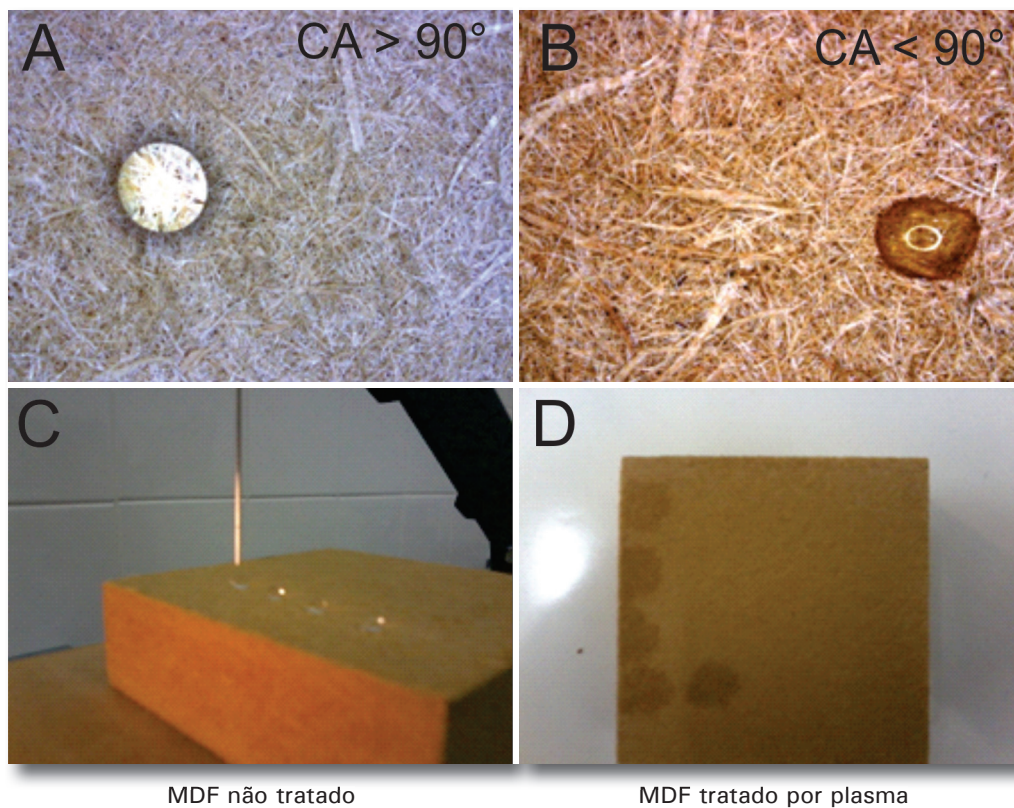
**Figura 1.** Reator desenvolvido na Embrapa Florestas (A) e descarga luminescente em andamento (B).



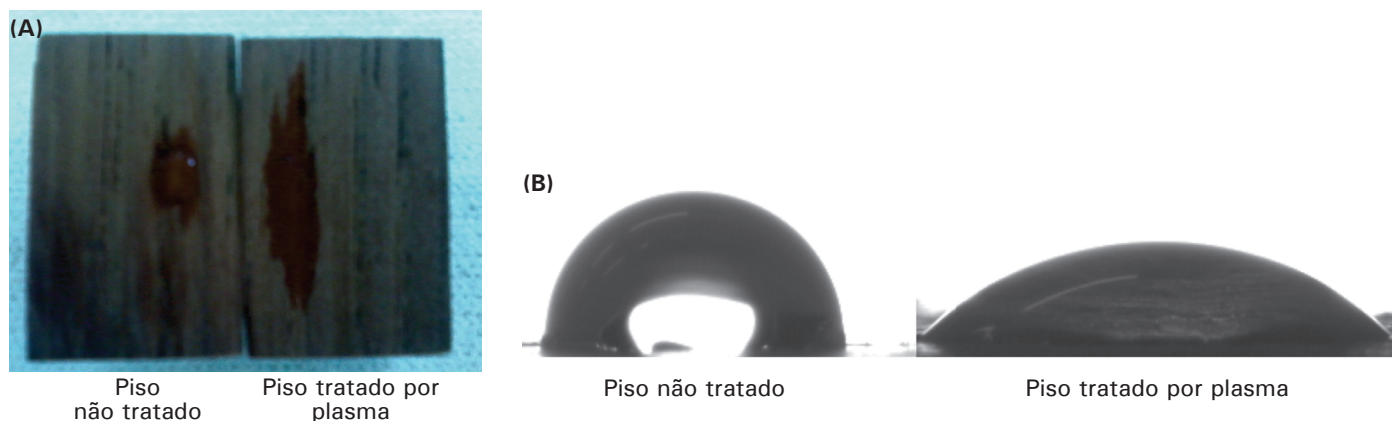
MDF foram expostos a tratamentos por plasma frio com o gás hélio sob diferentes níveis de potência e tempo de descarga. Os painéis MDF mostraram-se susceptíveis ao aumento da molhabilidade superficial. A potência e o tempo aplicados nos tratamentos influenciaram significativamente a molhabilidade superficial. A aplicação de potências maiores permitiu a obtenção de resultados mais satisfatórios e, ao mesmo tempo, reduziu o tempo de descarga.

O tratamento por plasma frio transformou a superfície hidrofóbica do painel MDF em uma superfície hidrofílica com alta absorção e espalhamento de água, CA médio menor que  $90^\circ$  (Figura 2). Normalmente, o MDF apresenta um CA maior que  $100^\circ$ , o que o caracteriza como um material com significativa repelência superficial à água.

Pisos de madeira apresentaram comportamento semelhante aos painéis MDF (Figura 3). O



**Figura 2.** Imagens de alta resolução do painel MDF sem tratamento (A) e modificado por plasma frio (B); mensuração do ângulo de contato aparente nas amostras sem tratamento (C) e modificadas por plasma (D).



**Figura 3.** Imagens dos pisos de madeira sem tratamento e tratados por plasma (A) e perfil da gotícula na superfície dos pisos durante o ensaio de ângulo de contato aparente nas amostras sem tratamento e modificadas por plasma (B).

incremento da molhabilidade é facilitado pelo caráter hidrofílico natural da superfície dos pisos de madeira de algumas espécies em comparação ao painel MDF. No entanto, madeiras de espécies com alto teor de extrativos podem dificultar parcialmente o aumento da adesão superficial, o que demanda um estudo específico dos parâmetros de tratamento aplicados. A modificação da superfície de pisos de madeira por plasma frio mostra-se como uma excelente ferramenta para elevar a interação do material com produtos de revestimento, tais como tintas e vernizes.

## Efeito da exposição ao ambiente

O efeito do tratamento por plasma frio para o aumento da molhabilidade superficial de materiais tende a ser reduzido com a exposição destes ao ambiente. Em determinados produtos à base de madeira, este efeito é visível em menor tempo.

Observou-se que a superfície do piso de madeira sólida apresentou uma perda mais rápida do efeito do tratamento por plasma frio em comparação aos painéis MDF, ou seja, esses retornaram ao seu caráter natural, proporcionando menor espalhamento dos líquidos depositados em sua superfície e, conseqüentemente, maior CA. Os painéis MDF apresentaram maior resistência à perda do efeito do tratamento, o que pode ser vislumbrado como uma característica positiva. Do ponto de vista industrial, especificamente da aplicação de produtos de revestimento, a maior durabilidade do efeito do tratamento por plasma permite a utilização do material após um período mais longo.

## Fatores que devem ser considerados

Em caso de aplicação desta técnica para o aumento da molhabilidade superficial, deve-se levar em conta fatores intrínsecos ao processo e ao substrato.

Os principais fatores de influência no processo de tratamento por plasma frio são a potência e o tempo de descarga, os quais apresentam relação direta. Ou seja, é possível reduzir o tempo de

descarga aumentando-se a potência aplicada no tratamento. No entanto, esta relação depende do substrato utilizado, visto que alguns materiais podem ser mais susceptíveis ao incremento da molhabilidade em comparação a outros. Por exemplo: materiais com certa hidrofobicidade superficial - tais como painéis MDF, compósitos plástico-madeira e madeira com alto teor de extrativos - podem demandar maiores potências e tempos de descarga em comparação a materiais naturalmente mais hidrofílicos (madeiras com baixos teores de extrativos e filmes à base de celulose).

Além disso, deve-se atentar aos gases utilizados, pois cada um deles apresenta grau de ionização próprio, ou seja, o poder de modificação das superfícies pode ser diferente. Recomenda-se a utilização de gases como argônio, oxigênio e hélio. A vazão dos gases é outro fator importante, principalmente quando a mistura de dois ou mais gases for utilizada no tratamento por plasma frio.

## Conclusões

O tratamento por plasma frio é uma alternativa viável para aumentar a molhabilidade superficial dos painéis MDF e dos pisos de madeira sólida, o que influencia positivamente no acabamento final destes materiais. Em ambos os materiais, as superfícies foram susceptíveis às modificações por plasma, elevando a interação com a água.

Em relação à exposição ao ambiente, o painel MDF apresentou uma perda mais lenta do efeito do tratamento, característica que pode ser considerada como positiva do ponto de vista prático.

## Referências

- ACDA, M. N.; DEVERA, E. E.; CABANGON, R. J.; RAMOS, H. J. Effects of plasma modification on adhesion properties of wood. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, v. 32, p. 70-75, 2012. DOI: 10.1016/j.ijadhadh.2011.10.003.
- CADEMARTORI, P. H. G.; MUNIZ, G. I. B.; MAGALHÃES, W. L. E. Changes of wettability of medium density fiberboard (MDF) treated with He-DBD plasma. *Holzforschung*, v. 69, n. 2, p. 187-192, 2015. DOI: 10.1515/hf-2014-0017.

HAN, Y.; MANOLACH, S. O.; DENES, F.; ROWELL, R. M. Cold plasma treatment on starch foam reinforced with wood fiber for its surface hydrophobicity. **Carbohydrate Polymers**, v. 86, p. 1031-1037, 2011. DOI: 10.1016/j.carbpol.2011.05.056.

MAGALHÃES, W. L. E.; SOUZA, M. F. D. Solid softwood coated with plasma-polymer for water repellence. **Surface and Coatings Technology**, v. 155, n. 1, p. 11-15, 2002. DOI: 10.1016/S0257-8972(02)00029-4.

NOVÁK, I.; POPELKA, A.; ŠPITALSKÝ, Z.; MIČUŠÍK, M.; OMASTOVÁ, M.; VALENTIN, M.; SEDLIAČIK, J.; JANIGOVA, I.; KLEINOVA, A.; ŠLOUF, M. Investigation of beech wood modified by radio-frequency discharge plasma. **Vacuum**, v. 119, p. 88-94, 2015. DOI: 10.1016/j.vacuum.2015.04.038.

PODGORSKI, L.; CHEVET, B.; ONIC, L.; MERLIN, A. Modification of wood wettability by plasma and corona treatments. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 20, p. 103-111, 2000. DOI: 10.1016/S0143-7496(99)00043-3.

### Comunicado Técnico, 376

**Embrapa Florestas**  
Endereço: Estrada da Ribeira Km 111, CP 319  
Colombo, PR, CEP 83411-000  
Fone / Fax: (0\*\*\*) 41 3675-5600  
www.embrapa.br/florestas  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/



1ª edição  
Versão eletrônica (2016)

### Comitê de Publicações

**Presidente:** Patrícia Póvoa de Mattos  
**Secretária-Executiva:** Elisabete Marques Oaida  
**Membros:** Elenice Fritzsons, Giselda Maia Rego, Ivar Wendling, Jorge Ribaski, Luis Claudio Maranhão Froufe, Maria Izabel Radomski, Susete do Rocio Chiarello Penteado, Valderes Aparecida de Sousa

### Expediente

**Supervisão editorial:** Patrícia Póvoa de Mattos  
**Revisão de texto:** Patrícia Póvoa de Mattos  
**Normalização bibliográfica:** Francisca Rasche  
**Editoração eletrônica:** Neide Makiko Furukawa  
**Fotos:** Pedro Henrique Gonzalez de Cademartori